

A4-581 Almacenamiento de carbono en arreglos agroforestales asociados con café (*Coffea arabica*) en el sur de Colombia

Gustavo Vega Orozco, Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano – Grupo de Investigación Yamboró, gvega60@misena.edu.co

Claudia Mercedes Ordoñez, Centro de Gestión y Desarrollo Sostenible Surcolombiano – Grupo de Investigación Yamboró, clmechas24@gmail.com

Juan Carlos Suarez, Universidad de la Amazonia, juansuarez1@gmail.com

Resumen

Se calculó la cantidad de carbono almacenado en cuatro tipologías de sombra en sistemas cafeteros del sur de Colombia: Alta densidad de árboles con sombra diversificada (AltaDens), Guamo en alta densidad (Guam.Ad), Nogal en alta densidad (Nog.Ad), Plátano con baja diversidad (Plat.Bdiv), Sombra compleja diversificada (ComDiv), mediante el uso de ecuaciones alométricas para medición biomasa; el estudio se desarrolló entre Junio y Diciembre de 2012. Las tipologías con mayor tasa de almacenamiento de carbono fueron: Com.Div y Guam.Ad con 84,37 y 58,11 Mg de C ha⁻¹ respectivamente. Las tipologías Alta. Dens y Guam.Ad presentaron menor tasa de almacenamiento de carbono. Se encontró relación entre el % de cobertura de las tipologías y el aumento en la acumulación de carbono; es decir, los sistemas con mayor diversificación presentaron mayores valores de acumulación de carbono.

Palabras Claves: agroecosistemas cafeteros; cambio climático; ecuaciones alométricas; diversidad de árboles.

Abstract:

High density with diversified shade trees (AltaDens), high density Guamo (Guam.Ad), Walnut high density (Nog.Ad): the amount of carbon stored in four types of shade coffee systems in southern Colombia was calculated Banana with low diversity (Plat.Bdiv), complex diversified Shadow (ComDiv) using allometric equations for biomass measurement; The study was conducted between June and December 2012. The types with the highest rate of carbon storage were Com.Div and Guam. Ad with 84.37 and 58.11 Mg C ha⁻¹ respectively. Typologies Alta. Dens and Guam. Ad had lower rate of carbon storage. Relationship between the % coverage of the types and increasing carbon accumulation was found; more diversified systems had higher values of carbon accumulation.

Keywords: coffee agro-ecosystems; climate change; allometric equations; tree diversity.

Introducción

Desde 1950, los seres humanos han transformado significativamente los ecosistemas debido a las demandas crecientes de alimentos, agua dulce, madera, fibra y combustible para mitigar los efectos causados por estos gases existen alternativas como el almacenamiento de los mismos en la biomasa arbórea (mediante la fotosíntesis) y en el suelos a través de la acumulación de materia orgánica (Ávila *et al.*, 2001; Segura *et al.*, 2002).

Según lo planteado la Agroforestería se convierte en una estrategia importante para el almacenamiento y captura de Carbono, la biodiversidad de especies arbóreas con potencial para ser asociadas en diferentes diseños agroforestales por ejemplo bosque protectores, barreras rompe vientos, arboles dentro de los cultivos (Farfán, 2012), el potencial de captura y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales (12 y 228 ton⁻¹ C ha⁻¹) (Andrade *et*

al.2003), se debe a que el carbono (elemental), depositado en follaje, tallos, sistema radicular y principalmente en tejido leñoso de troncos y ramas de los árboles.

Actualmente el secuestro de carbono mediante los bosques se ha convertido en un servicio ecosistémico reconocido a escala global, el cual puede ser valorado económicamente (Dzib, 2003). Ante esta nueva perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue calcular la cantidad de carbono almacenado en arreglos agroforestales asociados con café en el sur de Colombia.

Metodología

El presente estudio se desarrolló en el departamento de Huila, municipio de Pitalito ubicado a los 01° 52' 03" de latitud norte y 76° 03' 23" de longitud oeste al sur Occidente de Colombia. La zona de vida según clasificación de Holdridge corresponde a bosque húmedo premontano (bh-PM), altura entre 1.200 a 1.500 m, temperatura entre 18 y 24 °C, precipitación total anual media de 1.200 mm. Las características ubican al municipio en el Ecotopo cafetero 319^a (Gómez *et al.*, 1991).

Se realizó un censo de árboles con (dap >10 cm) en 30 parcelas de café de cinco tipologías de sombra: a) Plátano con baja diversidad (Plat.Bdiv), b) Alta densidad de árboles con sombra diversificada (Alta.Dens), c) Nogal en alta densidad (Nog.Ad), d) Guamo en alta densidad (Guamo.Ad) y e) Sombra compleja diversificada (Com.Div), se creó una base de datos con variables dasométricas de cada individuo, (Schlegel *et al.*, 2001), los árboles fueron georreferenciados con dispositivo GPS Garmin Etrex HCX, luego los datos se descargaron en el software DNRGPS 6.0[®] y procesados en el software ArcGIS 10[®].

Se estimó la biomasa de los individuos mediante la ecuación alométrica propuesta por Chave *et al.* (2005) para bosques tropicales y especies individuales, donde se utilizan las variables dap (diámetro a la altura del pecho) y densidad de la madera por especie (Zanne *et al.*, 2009). Los valores de biomasa se llevaron a lote y a total por tipología. Posteriormente se calculó al llevar la biomasa total a unidades de carbono mediante la ecuación propuesta por Segura *et al.*, (2002), $CA = B * Fc$, donde (CA): Carbono almacenado, (B): Biomasa total, (FC): Fracción de carbono que en este caso se utilizó 0,5 establecido por el Panel Intergubernamental de Cambio climático (IPCC).

Para el cálculo de la cobertura por tipología se determinó el área de copa de cada individuo a partir de los diámetros de copa. Se creó una base en el software ArcGIS 10[®] con las variables dasométricas para posteriormente generar los Buffer de copa con el área promedio como unidad de medida. Se utilizó el programa estadístico InfoStat V (2012) y se aplicó un análisis de varianza junto con la prueba de comparación LSD Fisher para determinar las diferencias en el almacenamiento de carbono por tipología evaluada.

Resultados y discusión

Durante el inventario forestal se registraron 38 especies, 22 familias y 1136 individuos, la familia Fabaceae fue la más representativa con 10 especies (50,48 %), en su mayoría individuos *Inga* sp. (349), y *Erythrina poeppigiana* (142). La tipología AltaDen presentó los mayores valores en las variables altura promedio (9,59 m), cobertura arbórea (55,69%) y densidad (87,65 individuos. ha⁻¹); entre tanto la tipología Guam.Ad registró el mayor dap (19,05 cm) y área de copa promedio (17,1 41 m²); Nog.Ad mostró los mayores valores en área basal promedio y máxima (4,62 y 8,41 m².ha⁻¹ respectivamente). Plat.Bdiv y Com.Div

no registraron valores superiores en ningunas de las variables de estructura vegetativa (Tabla 1).

TABLA 1. Estructura vegetativa por tipología de sombra.

Variables	Alta.Dens	Guam.Ad	Nog.Ad	Plat.Bdiv	Com.Div
Diámetro a la altura de pecho promedio (cm)	13,71	19,05	17,76	6,13	14,09
Área basal promedio ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)	0,7	1,03	4,62	0,94	1,21
Área basal promedio máximo ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)	1,84	2,8	8,41	2,21	4,92
Altura promedio (m)	9,59	6,32	8,02	3,15	2,97
Altura comercial promedio (m)	3,2	1,9	4,96	1,34	3,16
Área de copa promedio (m^2)	14,2	17,1	4,23	5,18	16,32
Cobertura arbórea (%)	55,69	50,16	13,23	12,07	42,86
Densidad (individuos por ha^{-1})	87,65	8,57	10,11	11,96	14,52

Las tipologías con mayor cantidad de biomasa y carbono almacenado fueron Com.Div y Guam.Ad con 84,37 y 58,11 $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de C (Figura 1). Los datos de la presente investigación son similares para Com.Div donde predominan las especies de Cachingo (*E. poeppigiana*), respecto a lo encontrado por Albrecht *et al.*, (2003).

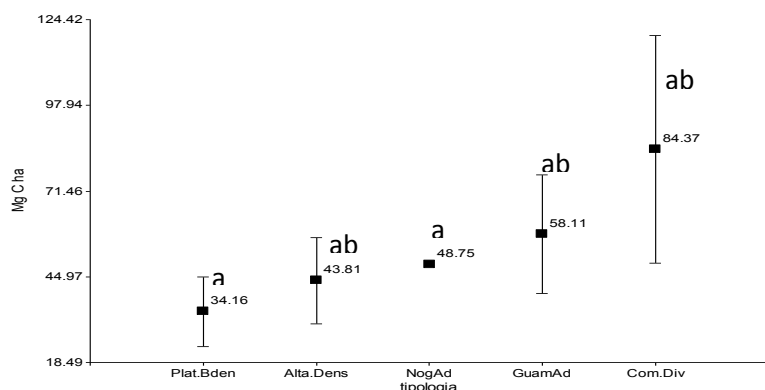


FIGURA 1. Cantidad de carbono almacenado por tipología según prueba de LDS Fisher ($P < 0.05$).

El comportamiento en almacenamiento de carbono de las tipologías Alta.Dens, Nog.Ad, Guam.Ad y Com.Div (Figura 2) son superiores a lo reportado por Albrecht *et al.* (2003) en sistemas agroforestales con 95 $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ C, Para el mismo sistema Dixon *et al.*, (1993) reporta un potencial de captura de carbono de 34 $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, según Schroeder, (1994) el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de regiones semiáridas, subhúmedas, húmedas y templadas oscila entre 9, 21, 50, y 63 $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente, datos que se encuentran en el rango de las tipologías analizadas. (34,16 a 84,37 $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$) (Figura 2). La tipología Plat.Bdiv almacenó 34,16 $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ C superior a lo reportado por Brakas *et al.*, (2011) en Filipinas para sistemas multiestrato de banano (*Musa* spp.) + Árboles frutales los cuales almacenaron en biomasa aérea 13,6 $\text{Mg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

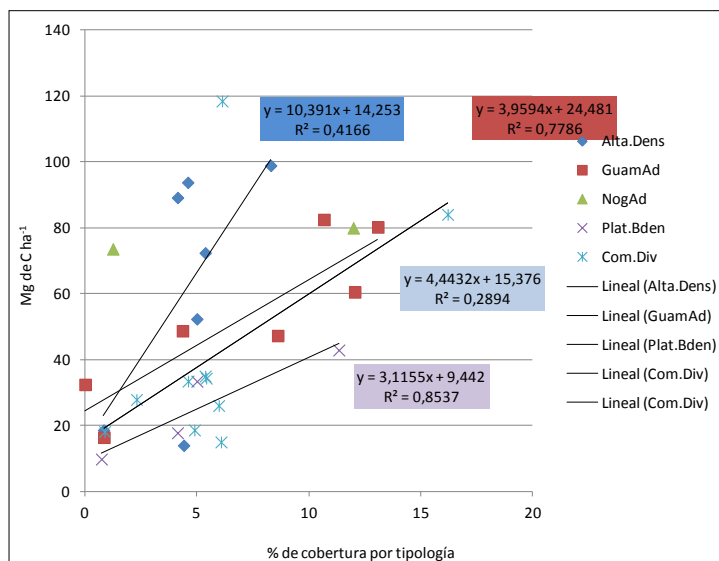


FIGURA 2. Relación entre carbono almacenado y el porcentaje de cobertura por tipología.

En el estudio se determinó el % de cobertura por tipología y su relación con el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea (Figura 5). En general, el valor máximo de carbono se encontró en la tipología Com.Div (84,37 Mg.ha⁻¹C) con 42,86% cobertura arbórea, la mínima cantidad de carbono almacenada 34,16 Mg.ha⁻¹ C la presentó la tipología Plat.Bdiv con 12,07% cobertura. Por lo anterior es necesario considerar que las tasas de almacenamiento de carbono dependen de la edad y densidad de plantas, fertilidad, tipo de suelo y características del sitio (factores climáticos) y el manejo silvicultural al que se vea sometido el SAF (Brakas *et al.* 2011; Dzib, 2003).

Conclusiones

Los arreglos agroforestales asociados al cultivo de café en el sur de Colombia presentaron un alto número de especies (2 a 10), representadas por *Inga* sp., plátano (*Musa* spp.) y Cachimbo (*E. poeppigiana*), usadas por su morfología, rápido desarrollo vegetativo y diferentes servicios prestados como sombrío, leña, madera o frutales.

La presencia de las especies de mayor dominancia en los sistemas agroforestales estudiados se deben a los procesos de certificación y las políticas de la Federación Nacional de Cafeteros.

La incorporación de árboles a sistemas de producción de café en una estrategia para la generación de servicios ecosistémicos en el marco de mecanismos de desarrollo limpio, que pueden ser incentivados a través de bonos solidarios de carbono.

Referencias bibliográficas

- Ávila, G., Jiménez, F., Beer, J., Gómez, M. & Muham- mad., I. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agro-forestales en Costa Rica. En *Agroforestria en las Amé- ricas* Vol 8 No 30. PP. 32 - 35.
- Andrade, J. & Ibrahim, M. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles? En: *Revista Agroforestería de las Américas* vol. 10. p 1-8.



- Albrecht, A. & Kandji, S.T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. In: Agriculture, Ecosystems and Environment 99:15–27.
- Brakas, S.G. & Aune, J.B. (2011). Biomass and Carbon Accumulation in Land Use Systems of Claveria, the Philippines In: Carbon Sequestration Potencial of Agro- forestry Systems, Advances in Agroforestry, Volumen 8, 163 – 165. Norway.
- Dixon, R.K., Winjum, J.K. & Schroeder, P.E. (1993). Conservation and sequestration of carbon: the potential of forest and agroforestry management practices. Glob. Environ. Change 3, 159–173.
- Dixon, R.K. (1995). Agroforestry systems: sources or sinks of greenhouse gases? Agrofor. Syst. 31
- Dzib, B.B. (2003). Manejo, secuestro de carbono e in- gresos de tres especies forestales de sombra en ca- fetales de tres regiones contrastantes de Costa Rica. Maestría en Agroforestería Tropical
- Farfán, V. F. (2012). Árboles con potencial para ser in- corporados en sistemas agroforestales con café. Chin- chiná (Colombia): Cenicafe – Fondo Nacional del Café,
- Farfán V., F., Baute B. & J. E. (2010) Efecto de la distri- bución espacial del sombrío de especies leguminosas sobre la producción de café Cenicafe 61(1):35-45.
- Gómez, L., Caballero, A. & Baldión, J.V. (1991). Ecotopos cafeteros. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Santafé de Bogotá D.C. 125 Pág.
- Kang, B.T. & (1993). Alley cropping: past achievements and future directions. Agrofor. Syst. 23, 141–155.
- Kumar B, M., Nair P, .K.R. Ramachandran (2011). Car- bon Sequestration Potencial of Agroforestry Systems, Advances in Agroforestry Volumen 8, XVIII, 310 p. USA
- Lagemann, L. & Heuvel, J. (1983). Characterization and evaluation of agroforestry systems: The case of Acosta-Puriscal, Costa Rica. In: Agro forestry Systems. 1:101-115. P 15.
- Lozano, A. (2009). Acceso al crédito en el sector cafetero colombiano. Ensayos sobre Economía Cafetera, 25, 95 -121.
- Segura, M. & Kanninen, M. (2002). Inventarios para es- timar carbono en ecosistemas forestales tropicales. En: Orozco, L. y Brumer, C. Inventarios forestales para bos- ques latifoliados en América Central. Turrialba: CATIE, 2002. P. 202-222.
- Schroeder, P. (1994). Carbon storage benefits of agrofo- restry systems. Agrofor. Syst. Vol 27, 89–97. Netherlands.
- Suárez, D.A. (2002). Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbo- no en sistemas agroforestales de café de la Comarca Yassica Sur, Matagalpa Nicaragua. Maestría en Educación para el Desarrollo y la Conservación, CATIE, Turrialba, Costa Rica.